

Capítulo 37(39) Relatividade e Seção 32.4(33.5)

- Número de aulas: 3 aulas
- Seções do livro texto: 37.6 *O Efeito Doppler para as Ondas Eletromagnéticas*, 37.7 *Momento Linear Relativístico*; 37.8 *Trabalho e Energia na Relatividade*; 37.9 *Mecânica Newtoniana e Relatividade (39.8 e 39.9 até 39.11)*; 32.4(33.5) *Fluxo do momento linear eletromagnético e pressão de radiação*.
- Exercícios sugeridos: 37.25(39.27), 37.26(39.28), 37.28(só na 12ª edição), 37.29(39.31), 37.31(39.33), 37.35(só na 12ª edição), 37.37(só na 12ª edição), 37.46(39.42), 37.55(só na 12ª edição), 37.58(39.50), 37.59(só na 12ª edição), 37.63(39.55), 32.28(33.14), 32.46(33.36), 37.68(39.60).

***37.25 Diga isso ao juiz.** a) Qual deve ser a velocidade com a qual você tem de se aproximar de um sinal de trânsito vermelho ($\lambda = 675 \text{ nm}$) para que ele aparente uma cor amarela ($\lambda = 575 \text{ nm}$)? Expresse sua resposta em termos da velocidade da luz. b) Se você usou isso como desculpa para não pagar a multa pelo avanço do sinal vermelho, quanto você teria de pagar de multa pelo excesso de velocidade? Suponha que seja cobrada uma multa de R\$ 1,00 (um real) para cada km/h de excesso de velocidade acima da velocidade permitida de 90 km/h.

***37.26** Mostre que, se uma fonte de ondas eletromagnéticas se afasta de nós com velocidade igual a $0,600c$, a frequência que medimos é igual à metade da frequência medida no sistema no qual a fonte está em repouso.

37.28 Quando você deve usar a relatividade? Como você viu, os cálculos relativísticos costumam envolver a grandeza γ . Quando γ é significativamente maior do que um, devemos usar fórmulas relativísticas em vez de newtonianas. Em que velocidade v (em termos de c) o valor de γ é a) 1,0% maior do que um; b) 10% maior do que um; c) 100% maior do que um?

37.29 a) Para qual valor da velocidade o momento linear de uma partícula é igual ao dobro do valor da expressão não-relativística mv ? Expresse sua resposta em termos da velocidade da luz. b) Uma força é aplicada a uma partícula ao longo da mesma direção de seu movimento. Para qual velocidade a força necessária para produzir uma dada aceleração é duas vezes maior do que a força necessária para produzir a mesma aceleração quando a partícula está em repouso? Expresse sua resposta em termos da velocidade da luz.

37.31 Qual é a velocidade de uma partícula cuja energia cinética é a) igual a sua energia de repouso? b) cinco vezes maior do que o valor de sua energia de repouso?

37.35 a) Em que porcentagem a sua massa de repouso aumenta quando você sobe 30 m até o topo de um edifício de dez andares? Você percebe esse aumento? Explique. b) Em quantos gramas a massa de uma mola de 12,0 g com uma constante de 200 N/cm varia quando você a comprime em 6,0 cm? A massa aumenta ou diminui? Você notaria a variação na massa, se estivesse segurando a mola? Explique.

37.37 Reator antimatéria. Quando uma partícula encontra a sua antipartícula, elas aniquilam uma ou outra e sua massa é convertida em energia luminosa. Os Estados Unidos consomem aproximadamente $1,0 \times 10^{19}$ J de energia por ano. a) Se toda essa energia viesse de um reator antimatéria futurista, que massa de combustível de matéria e antimatéria seria consumida anualmente? b) Se esse combustível tivesse a densidade do ferro ($7,86 \text{ g/cm}^3$) e estivesse empilhado em tijolos formando um cubo, que altura esse cubo teria? (Antes de você ficar muito animado, lembre que reatores antimatéria estão *bem* distantes no futuro — se é que um dia existirão.)

37.46 Energia da fusão. Em um reator de fusão nuclear hipotético, dois núcleos de deutério se combinam, ou se ‘fundem’, formando um núcleo do átomo de hélio. A massa do núcleo de deutério, expressa em unidades de massa atômica (u), é igual a 2,0136 u e a do núcleo do átomo de hélio é igual a 4,0015 u ($1 \text{ u} = 1,6605402 \times 10^{-27} \text{ kg}$). a) Qual é a quantidade de energia liberada quando 1,0 kg de deutério sofre fusão? b) O consumo anual de energia nos Estados Unidos é aproximadamente igual a $1,0 \times 10^{19} \text{ J}$. Qual é a quantidade de deutério que deve reagir para produzir essa quantidade de energia?

37.55 O Grande Colisor de Hádrons (LHC). Físicos e engenheiros do mundo todo se juntaram para construir o maior acelerador do mundo, o Grande Colisor de Hádrons (*Large Hadron Collider* — LHC) nos laboratórios da CERN em Geneva, Suíça. O aparelho irá acelerar prótons a energias cinéticas de 7 TeV em um anel subterrâneo de 27 km de circunferência. (Leia as últimas notícias e informações sobre o LHC no site www.cern.ch.) a) Com que velocidade os prótons chegarão ao LHC? (Como o valor de v é muito próximo do valor de c , use $v = (1 - \Delta)c$ e encontre a sua resposta em termos de Δ .) b) Encontre a massa relativística, m_{rel} dos prótons acelerados em termos de sua massa de repouso.

37.58 Um fóton com energia E é emitido por um átomo de massa m que recua em sentido contrário. a) Supondo que o movimento do átomo possa ser tratado de modo não-relativístico, calcule a velocidade de recuo do átomo. b) De acordo com o resultado do item (a), mostre que a velocidade de recuo é muito menor do que c quando E é muito menor do que a energia de repouso mc^2 do átomo.

37.59 Em uma experiência, dois prótons são lançados diretamente um contra o outro, cada um se deslocando com a metade da velocidade da luz em relação ao laboratório. a) Que velocidade tem um próton em relação ao outro? b) Qual seria a resposta à parte (a) se usássemos apenas mecânica newtoniana não-relativística? c) Qual é a energia cinética de cada próton em relação a (i) um observador em repouso no laboratório e (ii) um observador se deslocando junto com um dos prótons? d) Quais seriam as respostas à parte (c) se usássemos apenas mecânica newtoniana não-relativística?

37.63 Uma partícula de massa m acelerada por uma força constante F , de acordo com a mecânica newtoniana, deve continuar a ser acelerada indefinidamente. Ou seja, quando $t \rightarrow \infty$, $v \rightarrow \infty$. Mostre que, de acordo com a mecânica relativística, a velocidade da partícula tende a c quando $t \rightarrow \infty$ (Nota: uma integral útil é $\int (1 - x^2)^{-3/2} dx = x/\sqrt{1 - x^2}$.)

32.28 Nos laboratórios de simulação espacial da Nasa, existe uma sala de 25 pés de comprimento (aproximadamente igual a 7,6 m), na qual um conjunto de lâmpadas produz no piso do laboratório uma intensidade de 2500 W/m^2 (uma simulação equivalente à intensidade da luz solar nas vizinhanças do planeta Vênus). Calcule a pressão da radiação média (em pascals e em atmosferas) sobre (a) uma seção totalmente absorvedora do piso do laboratório; (b) uma seção totalmente refletora do piso do laboratório. (c) Calcule a densidade do momento linear médio (momento linear por unidade de volume) da luz que atinge o piso do laboratório.

32.46 O plano de uma superfície é perpendicular à direção de propagação de um feixe de ondas eletromagnéticas com intensidade I . A superfície absorve uma fração w da intensidade incidente, sendo $0 \leq w \leq 1$, e reflete a parte restante. (a) Mostre que a pressão da radiação sobre a superfície é dada por $(2 - w) I/c$. (b) Mostre que o resultado precedente fornece a expressão correta para uma superfície (i) totalmente absorvedora; (ii) totalmente refletora. (c) Para uma intensidade incidente de $1,40 \text{ kW/m}^2$, qual é a pressão da radiação quando ocorre uma absorção de 90%? E quando ocorre uma reflexão de 90%?

***37.68 Medida de velocidades com radar.** Um instrutor de beisebol usa um radar para medir a velocidade de uma bola de beisebol. Esse dispositivo envia ondas eletromagnéticas com frequência f_0 e a seguir mede o deslocamento de frequência Δf das ondas eletromagnéticas refletidas pela bola de beisebol em movimento. Sabendo que a fração da variação da frequência produzida por uma bola de beisebol em movimento é $\Delta f/f_0 = 2,86 \times 10^{-7}$, qual é a velocidade da bola de beisebol em km/h? (*Sugestão*: as ondas sofrem um deslocamento Doppler uma segunda vez, quando são refletidas na bola?)